Université Paul Sabatier de Toulouse, année universitaire 2004-2005

CIMP PHYSIQUE

Épreuve 1 de contrôle continu - section A

vendredi 22 octobre 2004

Durée : 1h

Conformément à l'usage typographique international, les vecteurs sont représentés en gras
Le barême proposé l'est à titre indicatif

A Question de cours (5 points)

1) Quelles sont les trois constantes fondamentales de la physique qui définissent les domaines de la mécanique newtonienne, de la mécanique relativiste et de la mécanique quantique ? Rappeler leurs valeurs numériques.

2) Donner, à l'aide de schémas, un exemple simple et concret d'oscillateur mécanique amorti et d'oscillateur électrique amorti. Introduire, dans les deux cas, la pulsation propre ω_0, la durée de relaxation en énergie τ_e et le facteur de qualité Q.

B Problème

Chutes libre et guidée d'une masselotte de bois

Le problème comporte deux parties indépendantes

1. Chute libre d'une masselotte de bois (10 points)

On étudie le mouvement de chute d'une masselotte sphérique, de rayon $r = 1{,}7$ cm et de masse $m = 10$ g. La force de frottement visqueux due à l'air et qui s'exerce sur la masselotte est : $\mathbf{F}_v = -\alpha \mathbf{v}$ (loi de Stokes). Le coefficient α vaut $\alpha = 6\ \pi\ \eta_{air}$ r, η représentant la viscosité de l'air et $\mathbf{v}$ la vitesse de la masselotte par rapport au référentiel du laboratoire $\mathcal{R}$.

1.1 Exprimer la dimension du coefficient α en fonction de celles des grandeurs fondamentales du système international (SI). En déduire celle de la viscosité η_{air} dans le même système SI, puis en fonction de l'unité légale de pression et d'autres unités SI.
Calculer numériquement le coefficient α sachant que η_{air} vaut 1,8 10^{-5} SI.

1.2 Dans cette question, on supposera la poussée d'Archimède négligeable.

1.2.1 Après avoir effectué le bilan des forces qui s'exercent sur la masselotte, écrire l'équation différentielle qui régit la composante v de la vitesse suivant le vecteur unitaire $\mathbf{e_x}$ définie par la verticale *descendante*. Donner l'expression de la durée caractéristique τ du mouvement de chute ?

1.2.2 Résoudre l'équation différentielle précédente dans le cas où initialement la masselotte est abandonnée sans vitesse. Donner l'expression de la vitesse limite v_{lim} atteinte par la masselotte dans son mouvement de chute.

1.2.3 Calculer le temps nécessaire à la masselotte pour atteindre 95% de sa vitesse limite.

1.3 Dans cette question, on ne néglige plus *a priori* la poussée d'Archimède. Montrer, *sans la résoudre*, que l'équation différentielle qui régit la vitesse est de la même forme que la précédente (question 1.2.1), mais que le second membre regroupant les termes constants peut s'écrire :

$$g\left(1-\frac{\rho_a}{\rho}\right),$$

avec ρ_a et ρ respectivement masses volumiques de l'air et du matériau constituant la masselotte. Sachant que ρ_a et ρ valent respectivement 1,29 kg.m^{-3} et 500,65 kg.m^{-3}, justifier le fait qu'on ait d'emblée négligé la poussée d'Archimède.

2. Pendule simple constitué de la masselotte de bois (5 points)

La masselotte précédente est suspendue au bout d'un fil de longueur $l = 20$ cm. On repère sa position par l'angle θ que fait $\mathbf{OA}$ avec la verticale descendante $\mathbf{e}_x$, O étant l'origine du référentiel terrestre supposé galiléen (voir figure ci-dessous). Nous supposerons que les frottements sont négligeables, et que, par conséquent, la composante tangentielle, suivant $\mathbf{e_t}$, de la réaction du fil est nulle.

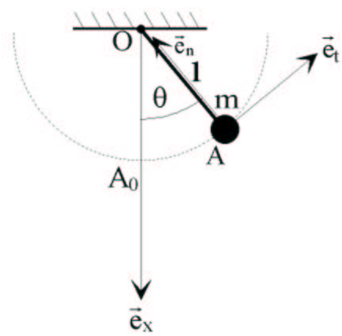

FIG. 1 –

2.1 Après avoir effectué un bilan des forces et exprimé la loi fondamentale de la dynamique de Newton, projeter cette dernière expression suivant la direction $\mathbf{e_t}$.

2.2 La composante tangentielle de l'accélération est donnée par :

$$a_t = \frac{\mathrm{d}^2 s}{\mathrm{d}t^2} = \frac{\mathrm{d}^2 \widehat{A_0A}}{\mathrm{d}t^2},$$

où s représente l'abscisse curviligne sur la trajectoire circulaire $\widehat{A_0A}$. Après avoir exprimé $\widehat{A_0A}$ en fonction de l et θ, réécriver la projection obtenue en 2.1, et montrer qu'il s'agit d'une équation différentielle du second ordre, indépendante de la masse m de la masselotte. Commenter cette absence de la masse.

2.3 De manière à pouvoir résoudre analytiquement cette équation différentielle, *ce qui n'est pas demandé ici*, on fait généralement l'approximation dite "des petits angles". Les lignes trigonométriques sinus et cosinus valent alors respectivement $\sin\theta \approx \theta$ et $\cos\theta \approx 1$. Que devient l'équation différentielle en tenant compte de cette approximation ? Exprimer la pulsation ω_0 du pendule en fonction de g et de l, ainsi que la période T_0. Application numérique pour T_0.